

Christiane Hunneshagen

90

Mathematische Schwierigkeiten zum Studienbeginn

Eine Studie zur Übergangsproblematik von der
schulischen zur universitären Ausbildung

texte zur mathematischen forschung und lehre



$n! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \dots \cdot n$

Christiane Hunneshagen

Mathematische Schwierigkeiten zum Studienbeginn

Eine Studie zur Übergangsproblematik von der
schulischen zur universitären Ausbildung



1. Auflage Juni 2020
Veröffentlicht im Verlag Franzbecker
Hildesheim

© 2020 Verlag Franzbecker, Hildesheim

Christiane Hunneshagen
Mathematische Schwierigkeiten zum Studienbeginn
Eine Studie zur Übergangsproblematik
von der schulischen zur universitären Ausbildung

ISBN 978-3-88120-541-2
tmfl 90

www.franzbecker.de

Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand im Zusammenhang mit meiner Tätigkeit als Wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Technischen Universität Braunschweig am Institut für Analysis und Algebra sowie am Institut für Partielle Differentialgleichungen von 2007 bis 2013. In Verbindung meiner inhaltlichen und studentischen Betreuung der Lehrveranstaltung „Ingenieurmathematik I bis IV“ habe ich die mathematischen Leistungen der Ingenieurstudierenden wissenschaftlich beobachtet.

Die ersten Erfahrungen innerhalb meiner Tätigkeit haben Herrn Prof. Dr. K.-J. Wirths und mich zu dieser Forschungsarbeit inspiriert. Die weitläufigen Diskussionen über schwache mathematische Leistungen von Studienanfängern und das Interesse an dem Ergebnis einer solchen Untersuchung haben meine Arbeit bestärkt. Mein Studium des Lehramts und die Aussicht auf meine berufliche Tätigkeit als Gymnasiallehrerin, die ich inzwischen seit 2016 ausführe, haben mich stets mit der Aussicht auf Verbesserung der Schnittstelle Schule - Studium motiviert.

Mein besonderer Dank gilt meinem Betreuer Prof. Dr. K.-J. Wirths für die durchgehende Unterstützung, konstruktive Ratschläge und das Vertrauen in meine Arbeit. Herrn Prof. Dr. D. Langemann danke ich für seine inhaltlichen Anmerkungen und Diskussionen zu verschiedenen Versionen meiner Manuskripte.

Der wichtigste Dank gilt meinen Eltern Gundolf und Agnes Weinhold für ihre durchgehende emotionale, motivationale und liebevolle Unterstützung, die mich durch ihre Anteilnahme in allen Phasen begleitet haben. Der größte Dank gehört meinem Mann, der mich sowohl technisch unterstützt als auch emotional gestärkt und aufgefangen hat.

Gewidmet ist die Arbeit meinem Vater.

Goslar, April 2020

Christiane Hunneshagen

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Theoretische Aspekte zur Ausbildung	6
2.1	Entwicklung schulischer Vorgaben	7
2.1.1	Niedersächsische Rahmenrichtlinien Mathematik	9
2.1.1.1	Rahmenrichtlinien Klasse 5 bis 10 von 1989	9
2.1.1.2	Rahmenrichtlinien gymnasiale Oberstufe von 1990	10
2.1.1.3	Empfehlungen zum Mathematikunterricht an Gymnasien von 1997	12
2.1.1.4	Rahmenrichtlinien Klasse 7 bis 10 von 2003	15
2.1.1.5	Einheitliche Prüfungsanforderungen der Abiturprüfung	18
2.1.2	Die Einführung von Bildungsstandards	18
2.1.2.1	Konzeption von Bildungsstandards	19
2.1.2.2	Kompetenzen	20
2.1.2.3	Gymnasiale Bildungsziele	21
2.1.3	Bildungsstandards in Mathematik	22
2.1.3.1	Mathematische Bildungsziele	23
2.1.3.2	Mathematische Kompetenzen	24
2.1.3.3	Kerncurriculum Jahrgangsstufe 5 bis 10 von 2006	25
2.1.3.4	Kerncurriculum gymnasiale Oberstufe von 2009	27
2.1.4	Zusammenfassung	28
2.2	Terminologie von Wissen und Fehlern	31
2.2.1	Mathematisches Wissen	31
2.2.1.1	Kognitionspsychologische Grundlagen	31
2.2.1.2	Mathematische Grundvorstellungen	34
2.2.1.3	Erwerb von Fertigkeiten	37
2.2.2	Klassifikation und Definition von Fehlern	39
2.2.2.1	Klassifikation von Fehlern	39
2.2.2.2	Definition von Fehlern	41
2.2.2.3	Ähnliche Begriffe im Zusammenhang des Fehlerverständnisses	42
2.2.2.4	Definition von Fachbegriffen der Fehleranalyse	44

2.3	Mathematikdidaktische Ansätze	46
2.3.1	Schuldidaktik	46
2.3.1.1	Mathematik als Teil der Allgemeinbildung	46
2.3.1.2	Didaktische Prinzipien	48
2.3.1.3	Prozessorientierter Mathematikunterricht	50
2.3.1.4	Problem- und anwendungsorientierter Mathematikunterricht	51
2.3.1.5	Mathematisches Modellieren	53
2.3.1.6	Elektronische Medien im Unterricht	55
2.3.1.7	Lern- und Lehrschwierigkeiten	56
2.3.2	Hochschuldidaktik	62
2.3.2.1	Vor- und Brückenkurse	64
2.3.2.2	Konzepte der Studienvorbereitung	65
2.3.2.3	Schlüsselkompetenzen bei Ingenieurstudierenden	67
2.4	Übergang Schule - Hochschule	70
2.4.1	Allgemeine Veränderungen	71
2.4.1.1	Soziale Veränderungen	71
2.4.1.2	Studienmotivation	73
2.4.1.3	Probleme in der Eingangsphase	75
2.4.1.4	Allgemeine Unterschiede zwischen Schule und Hochschule .	76
2.4.2	Mathematikvermittlung an der Schule und Hochschule	77
2.4.3	Studien zu mathematische Leistungen	80
2.4.3.1	Leistungsheterogenität	80
2.4.3.2	Studienvoraussetzungen aus verschiedenen Perspektiven . .	81
2.4.3.2.1	Hochschullehrer	82
2.4.3.2.2	Studienanfänger	85
2.4.3.2.3	Mathematiklehrer	86
2.4.3.3	Mathematisches Grundwissen ingenieurwissenschaftlicher Studienanfänger	87
2.4.3.3.1	Vorkenntnisse	90
2.4.3.3.2	Eingangstests	91
2.4.3.4	Entwicklung der Studienabbruchquote	93
2.4.4	Mathematische Grundkompetenzen von Schülern und Studienanfängern	96

2.4.4.1	Bedeutung mathematischer Fähigkeiten	98
2.4.4.2	PISA 2009	99
2.4.5	Studierfähigkeit	101
2.4.5.1	Allgemeine und mathematische Studierfähigkeit	101
2.4.5.2	Selbsteinschätzung von Studienanfängern zur Studierfähigkeit	103
2.4.5.3	Bildungspolitische Position zur Studierfähigkeit	105
2.4.5.4	Universitäre Position zur Studierfähigkeit	106
3	Studienstruktur an der TU Braunschweig	108
3.1	Voruniversitäre Lernangebote	108
3.1.1	Mathematik-Vorkurs	109
3.1.2	Online-Angebote	110
3.2	Die Lehrveranstaltung Ingenieurmathematik	112
3.3	Studentische Lernmethoden	119
4	Forschungsfrage	122
4.1	Ableitung der Fragestellung	122
4.2	Hypothesen	127
5	Design der Untersuchung	128
5.1	Methodische Überlegungen	128
5.1.1	Deskriptive Studie	131
5.1.2	Explorative Studie	132
5.2	Erhebungsmethoden	133
5.2.1	Trendstudie	134
5.2.1.1	Analyse der Klausurstatistiken	136
5.2.1.2	Dokumentenanalyse	137
5.2.2	Qualitative und quantitative Befragungen	139
5.2.2.1	Teilstandardisierte Befragung	140
5.2.2.2	Interviews	145
5.2.3	Stichprobe, Erhebungszeitpunkt und Durchführung	151
5.3	Einordnung anhand der Gütekriterien	154
5.4	Operationalisierung und Auswertungsstrategien	160
5.4.1	Auswertungsmethode der Klausurstatistiken	161

5.4.2	Auswertungsmethode der Klausuren	161
5.4.2.1	Definition von Fehlern	162
5.4.2.2	Bildung des Categoriesystems	163
5.4.2.3	Grenzen der Kategorisierung	165
5.4.3	Auswertungsmethode der teilstandardisierten Befragung	166
5.4.4	Auswertungsmethode der qualitativen Befragung	169
6	Ergebnisse der Untersuchung	173
6.1	Analyse der Klausurstatistiken	173
6.1.1	Bedingungen	174
6.1.2	Vergleich zwischen den Fächern je Jahrgang	176
6.1.3	Vergleich zwischen den Studienrichtungen	181
6.1.4	Zusammenfassung	185
6.2	Ergebnisse der Fehleranalyse	187
6.2.1	Fehlerentwicklung	187
6.2.1.1	Fehlerkategorie F5 und F6 – Lineare Algebra	187
6.2.1.2	Fehlerkategorie F6 – Analysis	190
6.2.1.3	Fehlerkategorie F4 und F5 – Analysis	193
6.2.1.4	Fehlerkategorie F3	200
6.2.1.5	Fehlerkategorie F2	206
6.2.1.6	Fehlerkategorie F1	212
6.2.1.7	Fehlerkategorie FG	219
6.2.1.8	Fehlerkategorie F0	221
6.2.2	Zusammenfassung	227
6.3	Ergebnisse aus den Interviews	231
6.3.1	Auswertung Fragebogen	231
6.3.1.1	Demographische Daten	232
6.3.1.2	Relation zwischen mathematischer Leistung der schulischen Vorbildung und universitärem Bildungsanschluss	236
6.3.1.3	Einschätzung der Studierenden ihres schulischen Mathema- tikunterrichts	244
6.3.1.4	Bewertung des mathematischen Vorkurses der TU Braun- schweig	247

6.3.2	Auswertung der freien Interviews	250
6.3.2.1	Allgemeiner Übergang Schule – Universität	251
6.3.2.2	Übergang Schule – Universität im Fach Mathematik	256
6.3.2.3	Beurteilung der elektronischen Hilfsmittel	261
6.3.2.4	Mathematischer Vorkurs	265
6.3.2.5	Wahl des Studienfachs	266
6.3.2.6	Weitere Anmerkungen	268
6.3.3	Zusammenfassung	270
6.4	Prüfung der Hypothesen	275
7	Zusammenfassung und Ausblick	284
	Abbildungsverzeichnis	290
	Tabellenverzeichnis	292
	Literaturverzeichnis	294
	Anhang	318
	A Kategoriesystem zur Fehleranalyse	318
	B Abbildungen studentischer Skizzen	321
	C Fragebögen	324
	D Tabellarische Auswertungen	329
	D.1 Demographische Daten	329
	D.2 Prüfungsleistungen	332
	D.3 Studentische Bewertungen	334
	D.4 Universitärer Mathematik-Vorkurs	336

1 Einleitung

Viele Studienrichtungen neben dem Studienfach Mathematik beinhalten Mathematik als ein Teil der akademischen Ausbildung. Dies trifft insbesondere bei ingenieurwissenschaftlichen Studienfächern zu, aber auch zum Beispiel in den Wirtschaftswissenschaften oder in den Naturwissenschaften. Die mathematischen Leistungen müssen meist in den ersten Studiensemestern erbracht werden. Ein mehrmaliges Scheitern der Prüfungsleistungen zwingt manche Studierende zum Fachwechsel oder gar zum Studienabbruch. Die hohe Abbrecherquoten am Anfang ingenieurwissenschaftlicher Studiengänge belegen, dass vielen Schulabgängern¹ der Übergang vom schulischen zum universitären Lernen mit dem Wandel der Lehrformen, der inhaltlichen Anforderungen aber auch des sozialen Umfelds nur mit Einschränkungen gelingt. Das Hochschul-Informationssystem (HIS) untersucht unter anderem die Gründe für Studienabbrüche (Heublein et al., 2003; Heublein et al., 2010). Die mangelnden Fähigkeiten im Fach Mathematik erschweren demnach den Studieneinstieg erheblich und wirken studienabbruchfördernd.

Die Diskussionen zum Leistungsstand der Studienanfänger ist dabei eng an die vorgehaltene Institution Schule, in der Regel das Gymnasium, gebunden. Der Bildungsauftrag des Gymnasiums besteht unter anderem in der Vorbereitung der Schüler auf ein Hochschulstudium. Die allgemeine Hochschulreife und damit die Studierfähigkeit wird durch das Abitur bescheinigt. Die Schulen können diesen Bildungsauftrag nur eingeschränkt umsetzen, da ein großer Teil der Abiturienten sich durch Studienabbrüche als nicht studierfähig erweist. Die Einführung und Umsetzung von Bildungsstandards in die schulischen Vorgaben schließt an die Qualitätsdebatte von Schülern, Abiturienten und Studienanfängern als Maßnahme zur Leistungsverbesserung an. Der Wechsel von Diplom- und Magisterstudiengängen zu Bachelor- und Masterstudiengängen resultiert ebenfalls aus der Qualitätsdebatte. Dennoch führen die Veränderungen durch die eingeführten Maßnahmen nicht zu einer Zufriedenheit in der Leistungsbeurteilung der Studienanfänger, die Thematik bleibt aktuell.

Im politischen und wissenschaftlichen Bereich gibt es zahlreiche Diskussionen über den Kenntnisstand von Schulabgänger bzw. Studienanfänger im Fach Mathematik. Neue curriculare Vorgaben setzen verstärkt auf Kompetenzen und weniger auf formal abgegrenzte

¹Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichwohl für beide Geschlechter.

Inhalte. Diese Veränderungen in der schulischen Ausbildung werden durch wissenschaftliche Vergleichsstudien wie PISA und TIMSS maßgeblich beeinflusst. Obwohl sich die Inhalte im ersten Semester in Mathematik kaum von denen aus der Oberstufe am Gymnasium unterscheiden, beobachten die Hochschullehrenden mangelnde mathematische Fähigkeiten. Sogar viele der Studienanfänger empfinden das Fach Mathematik als eine Hürde im gewählten Studienfach. Dies zeigt sich darin, dass die Angebote mathematischer Vor- und Brückenkurse an vielen Studienorten steigende Teilnehmerzahlen verzeichnen. Daneben werden weitere Konzepte zur Unterstützung der mathematischen Leistungen innerhalb des Studiums an Hochschulen entwickelt (vgl. Weinhold, 2012), die ebenfalls durch hohe Teilnehmerzahlen den Bedarf aufzeigen. Berufsverbände (VDI Verein Deutscher Ingenieure, 2007), die Industrie- und Handelskammer (IHK Braunschweig, 2011), Hochschulen und Universitäten schildern ihre Eindrücke zu den beobachtbaren mathematischen Leistungen in Berichten und Tagungen. Sie stellen Forderungen zur Verbesserung der schulischen Ausbildung.

Die mathematischen Leistungen ingenieurwissenschaftlicher Studienanfänger werden auch an der Technischen Universität Braunschweig beurteilt. Der Eindruck der Lehrenden ist eine Zunahme mathematischer Defizite, die insbesondere die Fähigkeiten und Fertigkeiten der Sekundarstufe I betreffen. Der freiwillige mathematische Vorkurs vor Studienbeginn verzeichnet immer mehr Teilnehmer². Das Resultat des Eingangstest zum mathematischen Vorkurs weist alarmierende Durchfallquoten von bis zu 80% auf (IHK Braunschweig, 2007), wobei das Abschneiden im Eingangstest keine Auswirkungen auf den Studienbeginn hat. Solch ein schlechtes Resultat von Leistungen der Studienanfänger wirft die Frage auf, welche Schwierigkeiten und Probleme den Übergang zu einem Hochschulstudium verursachen, speziell die mathematischen Leistungen betreffend.

Zur Zeit gibt es wenige empirische Studien, die die Entwicklung schulisch erworbener Fähigkeiten, Fertigkeiten und Kompetenzen nach Ende der Schulzeit untersuchen. Häufig werden allgemeine Aussagen zu den mathematischen Leistungsprofilen der Studienanfänger getroffen, selten aber die fachlichen Defizite in einzelne Fähigkeiten und Fertigkeiten aufgeteilt und untersucht. Diese Forschungslücke wird in der vorgelegten Arbeit aufgegriffen. Um der Forderungen nach Verbesserung der Ausbildung nachzukommen, muss die Leistungssituation der Studienanfänger für bestimmte mathematische Fähigkeiten und Fertigkeiten

²Die Zahl der Teilnehmer zum mathematischen Vorkurs hat sich z.B. von ca. 600 im WS 2005/06 auf über 1500 im WS 2013/14 erhöht. Die steigende Teilnehmerzahlen beeinflussen mittlerweile logistische und organisatorische Aspekte des Vorkurses.